

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy - 342
Ústav letecké dopravy

Servisní práce letadla - Sít'ová analýza

Service of Airplane - Network Analysis

Student:

Bc. Petr Šrámek

Vedoucí práce:

Ing. František Martinec, CSc.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Šrámek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 40 Letecká doprava
Téma: **Servisní práce letadla - síťová analýza**
Service of Airplane - Network Analysis

Zásady pro vypracování:

1. Analýza prací na letounu
2. Rozčlenění projektu na jednotlivé činnosti.
3. Odhad doby trvání činností, specifikace potřebných zdrojů.
4. Určení časových návazností pro provádění jednotlivých činností.
5. Konstrukce síťového grafu.
6. Časová analýza (určení termínů uzlů, termínů činností a nalezení kritické cesty).

DP musí v rámci úvodu obsahovat kapitolu se stanovením cílů práce a v závěru zhodnocení dosažených cílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dvořák, J.: Síťová analýza, Brno: VUT Brno.
http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/rmp/data/teorie_oa/SITOVA%20ANALYZA.pdf.
Technická dokumentace k letounu, Job air CEAM, Letiště Mošnov.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. František Martinec, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval mojí rodině a přítelkyni za podporu a bezbřehou trpělivost v době mého studia. Také bych rád poděkoval ing. Lubomíru Palovi za konzultace a cenné informace použité při práci na této diplomové práci.

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было сѣднано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- было сѣднано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

v Ostravě :

.....

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Anotace diplomové práce

Šrámek, P. Servisní práce letadla - Síťová analýza. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy – 342, Ústav letecké dopravy, 2011, 65 stran, Vedoucí diplomové práce: Ing. František Martinec.

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací plánování servisních prací v rozsahu C-check na letounu Boeing 737NG. Analýza plánování revize je provedena pomocí síťové analýzy a výsledek je porovnán s běžným stavem plánování ve fiktivní opravárenské společnosti, která se servisem letounů Boeing 737NG zabývá. Tato práce také analyzuje systém plánování údržby v běžné opravárenské společnosti z pohledu systému plánování a logistiky a v závěru předkládá návrh na zlepšení předpokládaného stavu za účelem zefektivnění plánování údržby.

Thesis annotation

Šrámek, P. Service of Airplane - Network Analysis. Thesis. VŠB – Technical university Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, The institute of transportation – 342, Department of Air Transport, 2011, 65 pages, Supervisor: Ing. František Martinec, CSc.

The purpose of this thesis is to introduce optimization techniques for service planning within C-check range on Boeing 737NG. Network analysis is utilized to plan a revision process on a specific airplane. The outcome of the newly employed analysis is to be compared with the usual planning process used in a revision-oriented fictive organization. The organization engages in maintenance of Boeings 737NG. Moreover, this study analyzes the whole current planning system within usual maintenance organisation and suggests improvements to achieve more effective maintenance planning and logistics.

Obsah

Obsah	7
Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	10
Seznam použitých zkratk	11
Cíle práce.....	12
1 Úvod.....	13
2 Základní pojmy	15
2.1 Síťová analýza	15
2.1.1 Historie síťové analýzy.....	17
2.2 Charakteristika a historie letounu Boeing 737.....	18
2.3 Software použitý pro zpracování síťové analýzy - MS Project	21
2.3.1 Závislost mezi činnostmi	22
2.3.2 Zdroje	23
2.3.3 Možnosti plánování projektu.....	24
3 Fiktivní Opravárenské středisko.....	27
4 Plánování revize	28
5 Příprava projektu revize	34
5.1 Plánování revize a analýza činností	37
5.2 Materiálové zajištění údržby.....	45
5.3 Provádění údržby	46
6 Vlastní návrh síťového grafu a jeho popis	51

7	Návrhy na zlepšení organizace plánování	56
7.1	Včasné zajištění zakázky	56
7.2	Reputace společnosti na trhu	57
7.3	Implementace specializovaného plánovacího softwaru.....	58
7.4	Změna systému objednávání materiálu.....	59
8	Zhodnocení cílů.....	62
9	Závěr.....	63
10	Použitá literatura a zdroje.....	64
11	Seznam příloh na přiloženém datovém nosiči.....	65

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Příklad jednoduchého síťového grafu.....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 2: Letoun Boeing 737NG</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 3: Příklad Ganttova diagramu.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 4: Proces technické přípravy revize</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 5: Schéma vypracování programu údržby pro letouny B737-600/700/800/900.....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 6: Identifikační číslo tasku (task number).....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 7: Detailnější náhled na část naplánování revize (C-check) pomocí síťového grafu .</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 8: Náhled na kompletní plán revize (C-check) ve formě síťového grafu</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 9: Rozplánování revize do jednotlivých směn pomocí Ganttova diagramu.....</i>	<i>55</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Obecný přehled prohlídek letounů</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 2: Program prohlídek typu A-check</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 3: Program prohlídek typu C-check</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 4: Seznam ATA kapitol letounů Boeing 737</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 5: Druhy úkonů prováděných při revizi</i>	<i>43</i>

Seznam použitých zkratk

<i>Zkratka</i>	<i>Plné znění v českém jazyce</i>	<i>Plné znění v anglickém jazyce</i>
BOM	Seznam materiálu (k provedení práce)	Bill of Material
BOT	Soupis nářadí (k provedení práce)	Bill of Tool
CPM	Metoda kritické cesty	Critical Path Method
FC	Letový cyklus	Flight Cycle
FH	Letová hodina	Flight Hour
MHr	Normohodina	Manhour
MPD	Soubor dat pro plánování údržby	Maintenance Planning Data
MPD	Dokument plánování údržby	Maintenance Planning Document
PERT	Metoda systému plánování	Program Evaluation and Review Technique

Cíle práce

1. Analýza přípravy a plánování revize letounu
2. Sestavení síťového grafu
3. Navržení způsobu plánování a logistiky

1 Úvod

Letecký průmysl je stejně jako většina ostatních strojních odvětví podřízen ekonomickým zákonům a neviditelné ruce trhu. Proto se hledají způsoby, jak zefektivnit tento byznys. Je mnoho způsobů jak zvýšit produktivitu a výdělečnost podniku, ale většina z nich vyžaduje značné investice, s čímž souvisejí jistá ekonomická rizika. Jednou z možností jak bez větších investic zvýšit produktivitu je optimalizovat plánování výrobních a pracovních procesů. Můžeme optimalizovat dobu trvání projektu, přidělení lidských zdrojů jednotlivým úkonům nebo také plánování objednávek náhradních dílů. Právě touto problematikou se zabývá Síťová analýza. Náplní této diplomové práce je optimalizovat proces servisní práce na letadle Boeing 737 právě pomocí síťové analýzy.

Aby bylo možné samotný síťový graf vytvořit, je potřeba analyzovat jednotlivé úkony vykonávané v rámci servisních prací, zhodnotit jejich časovou i pracovní náročnost a určit jejich vzájemné provázanosti a závislosti. V práci se budu také zabývat posouzením běžného stavu plánování servisních prací na letadlech ve fiktivní opravárenské společnosti a mým cílem bude toto plánování optimalizovat za účelem zvýšení efektivnosti prací, zkrácení doby celé revize a nalezení nedostatků v plánování, které mají z následek nežádoucí prodloužení doby celé revize. Po analýze jednotlivých pracovních činností sestavím síťový graf, který bude názorně zobrazovat vzájemné závislosti a časové posloupnosti jednotlivých úkonů a bude identifikovat tzv. kritickou cestu. Mým cílem také je, aby závěry a poznatky zjištěné při vypracování této práce pomohly v praxi s vypracováváním a plánováním programů údržby v organizaci, zabývající se údržbou dopravních letounů.

V leteckém průmyslu je drtivá většina dokumentace v anglickém jazyce, jehož znalost je pro osoby pracující v tomto odvětví absolutně nezbytná. Kompletní překlad anglicky psaných dokumentů do jiného jazyka by mohl zapříčinit rozdílnou interpretaci textu, což by mohlo v konečném důsledku způsobit velké problémy. Všichni letečtí mechanici proto rovněž ovládají anglický jazyk, aby mohli svědomitě a bezpečně vykonávat svou práci. To je také důvod, proč většina anglických materiálů a názvy vykonávaných úkonů použitých v této práci

zůstane nepřeložena a bude k nim pouze přidán popis nebo vysvětlení. Takto to ostatně funguje i běžně v letecké praxi, kde je angličtina brána jako základní komunikační jazyk a i veškerá komunikace mezi letouny a řídicí věží probíhá rovněž v angličtině.

2 Základní pojmy

2.1 Síťová analýza

Síťová analýza je souhrnný název pro metody, jejichž společný základ tvoří teorie grafů, teorie pravděpodobnosti a vědecké programování. Používá se jich pro plánování, koordinaci a kontrolu složitých úkolů, a to v nejrůznějších oblastech hospodářské činnosti, zejména pak na úseku investiční výstavby, výzkumu a vývoje, technického rozvoje v širším pojetí, v oblasti údržby základních fondů, při zajišťování složitých administrativních úkolů, sestavování pracovních plánů apod. Základ síťové analýzy tvoří metoda kritické cesty (Critical Path Method - CPM) a plánovací systém PERT, což je zkratka anglického názvu Program Evaluation and Review Technique.

Jednou z hlavních příčin úspěchu uvedených metod je, že řeší problematiku tzv. projektového plánování a problematiku řízení projektů, což jsou oblasti, které pro své efektivní fungování potřebují účinné řídicí nástroje.

Obě metody se rychle rozšířily zejména v průmyslu a stavebnictví a jejich vývoj v jednotlivých oblastech stále pokračuje.

Projekt je možno ze široka charakterizovat asi takto:

1) Soubor zpravidla velkého počtu dílčích činností, vzájemně podmíněných a realizovatelných v přesně vymezeném pořádku, které směřují ke splnění určitého hlavního úkolu. Jde většinou o složitý soubor dílčích činností (úkolů), které na sebe nějak navazují a z nichž mnohé mohou být prováděny souběžně. Soubor činností jako celek představuje obvykle jednorázovou akci a je většinou neopakovatelný.

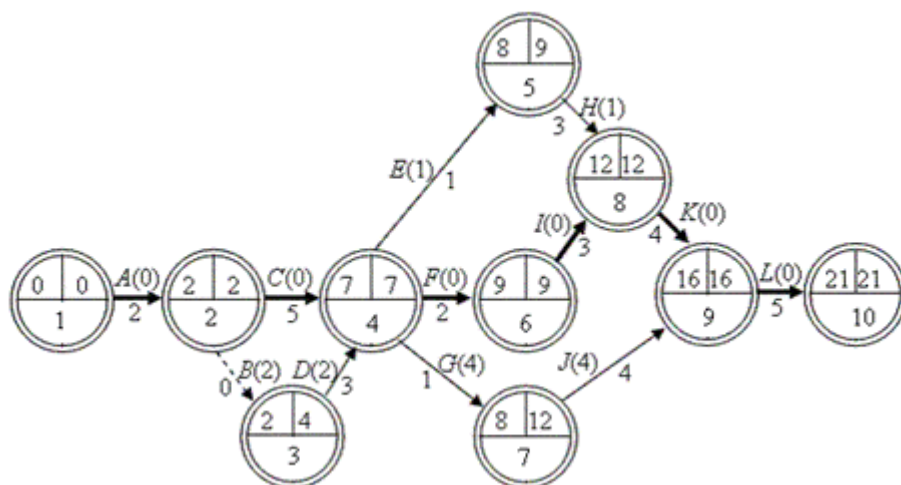
2) Počet produktů takto organizovaných činností je malý. Zpravidla jde o splnění jediného úkolu.

3) Jednotlivé činnosti souboru vytvářejí homogenní celek, sdružovaný silnými vnitřními vazbami. Vnější vazby s okolím jsou především důležité pro soubor jako celek a méně důležité pro již pro dílčí činnosti.

4) Realizace každé dílčí činnosti, dílčích etap i celého souboru, je obvykle spojena s vyšším stupněm nejistoty než tomu bývá ve výrobním procesu, a to jak pokud jde o čas (dodržení termínu ukončení procesu), tak pokud jde o výši nákladů.

5) Jednotlivými dílčími činnostmi (úkoly, pracemi) bývají pověřovány nejen různé organizační útvary podniku, ale na realizaci celého souboru se také někdy podílí i velký počet jiných organizací, tzv. outsourcing. Velký důraz se proto klade na koordinaci, a to jak při sestavování plánu, tak při jeho realizaci.

K řízení projektu je nezbytné všestranně zabezpečit realizaci všech dílčích činností. Předmětem plánu z uvedených hledisek není jen projekt jako celek, ale především dílčí operace. Jde tedy o tzv. plánování úkolové.



Obrázek 1: Příklad jednoduchého síťového grafu

2.1.1 Historie síťové analýzy

Metodu kritické cesty vyvinula v.r. 1957 společnost E. I. Du Pont de Nemours & Co. Za spolupráce společnosti Sperry Rand Corporation. Cílem bylo nalézt účinný nástroj řízení složitých akcí ve výstavbě výrobních zařízení, v oblasti údržby a rekonstrukce výrobních zařízení a při vývoji nových chemických výrobků. První zkušební aplikace nově vyvinuté metody se uskutečnila v září 1957 při výstavbě nového výrobního zařízení v hodnotě 10 mil. dolarů a omezovala se jen na stavební práce. Výsledky této zkušební aplikace byly k dispozici v květnu 1958. Mimo jiné se ukázalo, že pomocí metody kritické cesty se podařilo mnohem přesněji stanovit potřebu pracovníků a prokázat možnost zkrácení doby trvání (realizace) projektu o 2 měsíce, a to bez vynaložení nákladů. Při zvýšení přímých nákladů o 1% bylo možno zkrátit dobu o další 2 měsíce. Ze 7 kritických činností nepovažovala řídící skupina pracující tradičním způsobem 3 činnosti za důležité.

Tyto výsledky vzbudily zájem o další aplikace uvedené metody. Pro další zkušební využití byla vzhledem ke krátkosti celkové doby trvání vybrána oblast údržby - jednotka vyrábějící poloproduct pro výrobu neoprenu v Louisville. Šlo o preventivní údržbu, při níž se rozsah oprav zjistil vždy až po otevření reaktorů. Všeobecně se tvrdilo, že takové práce nelze plánovat předem. Při bližší statistické analýze předchozích oprav se však zjistilo, že 90% všech prací prováděných při těchto opravách se vyskytuje vždy. Problém byl proto vyřešen tak, že byl připraven a propočítán soubor variantních postupů, tak aby byly kryty všechny možnosti. Tato zkušební aplikace byla ukončena v březnu 1959 a výsledky byly značně překvapující. Ačkoli šlo o opravu, která byla prováděná v pravidelných intervalech už 15 let, podařilo se snížit dobu trvání opravy ze 125 hodin na 93, což je více než o 25%. Z celkových 225 činností bylo jen 25 kritických a urychlením některých z nich bylo možno dobu trvání opravy snížit až na 78 hodin. Rovněž byly provedeny podstatné změny v postupu práce. Vzhledem k tomu, že na tuto jednotku navazovala přímo výroba neoprenu, byly takto vzniklé úspory značné.

2.2 Charakteristika a historie letounu Boeing 737

Letouny firmy Boeing série 737 jsou nejúspěšnějším strojem na střední a dlouhé tratě v letecké historii. Bylo jich objednáno více než 6000 kusů a dodáno 5000 (kus s číslem 5000 byl vyroben v únoru roku 2006). V současné době jej mají ve své letecké flotile i České Aerolinie a to ve 30 kusech (po patnácti sériích 400 a 500). Tento letoun je také natolik rozšířený u leteckých společností po celém světě, že v průměru každých pět vteřin startuje jeden a v každé chvíli je ve vzdušném prostoru více než 1000 letadel tohoto typu.

Práce nad tímto letadlem začala společnost Boeing v roce 1964 (první studie a plány se objevily již v roce 1958). Byl to krok vynucený konkurencí a přesněji jejími letadly typu Caravelle, DC-9 a BAC 1-11. První návrh počítal s kapacitou pro 60-85 pasažérů, ale po konzultacích s aerolinkami Lufthansa bylo místo zvětšeno pro 100 lidí. Společnost Lufthansa byla také prvním zákazníkem, který si objednal 10 kusů prvního typu 737-100. Svůj první let letoun vykonal 9. dubna roku 1967 a do služby německých aerolinií byl zařazen v únoru o rok později. První verze bylo dodáno pouze 30 kusů, ale následující byla mnohem úspěšnější. Boeing 737-200 byl vyráběn až do roku 1988 a celkem i s verzí C bylo dodáno více než 1000 letadel. Do dnešního dne jich léta téměř 600 kusů.

Po letadlech ze série 100 a 200, které v řazení patří do skupiny Original nastoupily série 300, 400 a 500, které řadíme do skupiny Classic. Projekt Boeingu 737-300 byl zahájen v roce 1980, první let uskutečnil 24. února roku 1984 a do služby nastoupil v listopadu téhož roku. Byl větší, tišší a ekonomičtější než jeho předchůdci a využíval mnoho prvků z dalších generací 757 a 767. Série 300 byla vyráběna až do roku 1999 a do dnešního dne je stále ještě tisíc v provozu.

Následující model 737-400 byl vyvíjen od roku 1985 a své lety zahájil o tři roky později. Tato verze pojme 174 cestujících a byla vyráběna až do roku 2000. Za zmínku stojí

fakt, že poslední stroj Boeing 737-400 (OK-FGS, L/N 3132) byl dodán Českým Aeroliniím a to 25. února roku 2000. Do dnešního dne létá na 460 těchto strojů pro více než 60 aerolinií.

Poslední z Classic série bylo letadlo 737-500 a zahájilo službu v roce 1990. Bylo jich vyrobeno celkem 289 z toho 270 před prvním komerčním letem. Do dnešního dne jich stále létá přibližně 367 pro více než padesát leteckých společností.

Dne 29. června roku 1993 byla firma Boeing donucena výraznou konkurencí letounu Airbus A320, zahájil práce na nové generaci letounů 737, která nese i příznačné označení *Next Generation*. Podle čísla první a podle doby vzniku projektu v této řadě byl Boeing 737-600, který je konkurencí pro letouny Airbus A318 a Embraer 195. Do služby byl zařazen v roce 1998 a 66 vyrobených a objednaných kusů používá nyní devět leteckých přepravců.

Souběžně s předchozí sérií vznikal (podle začátku projektu je první) i letoun Boeing 737-700, který má největší dolet z celé série a je přímou konkurencí pro stroje Airbus A319 a v ekonomické třídě může převážet až 149 pasažérů. Svůj první let uskutečnil 9. února roku 1997 a 15. března dosáhl výšky 41 tisíc stop, což bylo nejvíce v historii série 737. V prosinci stejného roku byl dodán prvnímu zákazníkovi, kterým byla letecká společnost Southwest Airlines. V této době létá přibližně 760 těchto letadel pro 52 aerolinií.



Obrázek 2: Letoun Boeing 737NG

Letoun Boeing 737-800 je prodlouženou verzí modelu 700 a je ekvivalentem konkurenčního Airbusu A320. V ekonomy třídě mají tato letouny místa pro 189 pasažérů. První let byl uskutečněn 31. července roku 1997 a o rok později nastoupil na pravidelné lety. Aktuálně létá více než 1000 těchto letounů a je objednáno téměř 700 dalších strojů. Používá jej více než 80 aerolinií.

Poslední ze série jsou modely Boeing 737-900, které jsou nejdelším Boeingem z celé série 737. Měl být konkurencí pro Airbus A321, ale letecké společnosti daly přednost pohodlnějšímu evropskému letadlu, proto do dnešního dne jich bylo prodáno jen 54 kusů a 80 dalších objednáno (Airbus jich má objednáno přibližně 270) a létá pro 9 leteckých společností. Nová verze 900ER (která řeší nedostatky modelu 900 a uveze ve třídě ekonomy 215 pasažérů na rozdíl od 189 předchůdce) byla poprvé dodána zákazníkovi v květnu roku 2007.

2.3 Software použitý pro zpracování síťové analýzy - MS Project

Naplánovat projekt a vytvořit síťový graf, který je tvořený z více než 30 činností už bývá většinou problém. Dnešní moderní doba, kdy člověk přenechává složitější úlohy počítači a sám se soustředí přímo na řešení konkrétních problémů je na trhu mnoho programů, které mohou pomoci právě s naplánováním a řízením projektu. Jedním z těchto programů a pravděpodobně i jeden z nejpropracovanějších a zároveň nejrozšířenějších je program MS Project vyvinutý firmou Microsoft.

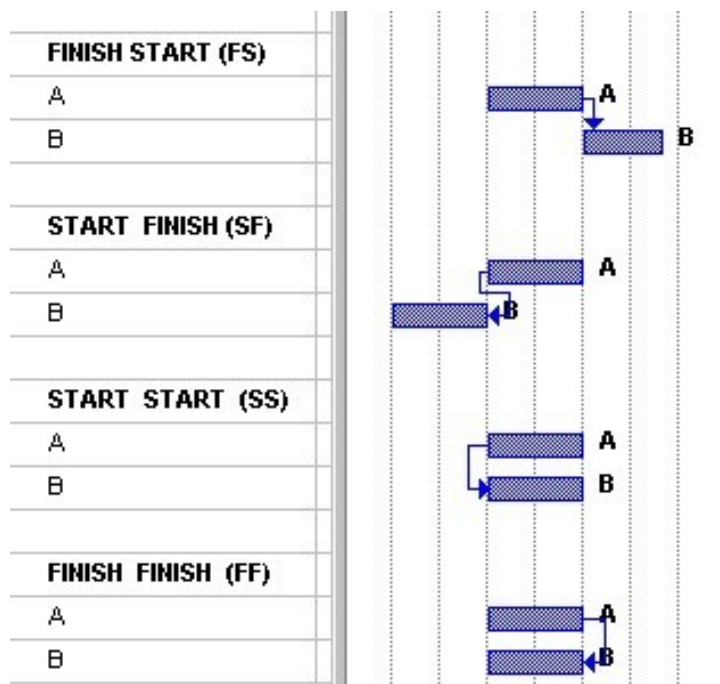
Program MS Project je vynikajícím nástrojem pro správu projektů a v praxi se používá nejen pro řízení lokálních a malých projektů, ale díky možnosti napojení na Project Web Access jej využívají nadnárodní společnosti pro kompletní řízení i rozsáhlejších projektů. Jeho využití je opravdu široké -od plánování jednoduchých projektu soukromých osob, které jej využívají pro efektivnější naplánování svých činností (např. naplánování a zorganizování dovolené, zorganizování rodinné oslavy apod.), až po rozsáhlé projekty velkých společností, na kterých může pracovat několik stovek pracovníků a investice do nich přesahují statisíce dolarů. Zvládnutí základních funkcí programu se z počátku může zdát laikovi poněkud složité, ale po osvojení ovládání uživatel přijde na to, že plánování projektů a použití základních funkcí je relativně intuitivní a i bez hlubších znalostí práce v programu jej může zvládnout i průměrně zkušený uživatel nástrojové sady MS Office. V programu MS Project se dá jednoduše znázornit logická posloupnost a závislost jednotlivých projektů, navolit délku jejich trvání, určit pracovníky, kteří budou na konkrétní činnosti pracovat nebo také nastavit maximální dobu trvání celého projektu. Mezi sofistikovanějšími možnostmi nastavení jednotlivých činností můžeme najít například definovat priority jednotlivých činností pro pozdější analýzy, přiřazení konkrétních zdrojů a různá časová omezení.

Program MS Project je sice výborný nástroj, ulehčující práci v mnoha procesech plánování a správě projektu, má však ale několik chyb, či "vlastností programu", které nejsou vždy ku prospěchu věci a z počátku mohou práci zkomplikovat. Jednou z těchto nedobrých vlastností programu je už jeho původ v rodině programů MS Office od firmy Microsoft. Tato

firma se snaží zpřístupnit své programy co nejširšímu počtu uživatelů a možnosti svých programů až nepřírozně "nafouknout" tak, že původní a nejdůležitější funkce jsou schovány v nepřehledném množství ostatních, často málo nebo vůbec nevyužívaných funkcí a nezkušený uživatel může být z počátku zahlcen informacemi, ze kterých si těžko vybere právě ty pro něj důležité nebo mu to alespoň trvá až nežádoucně dlouhou dobu. Tento neduh se však po počátečním tréninku plného tápání a hledání konkrétní funkce změní na radost, co vše je tento program schopen rozvrhnout a naplánovat. Další z neduhů programů sady MS Office (především pak programu MS Word), kterému se nevyhnul ani program MS Project je jeho občasná nepředvídatost, kdy si program špatně vyloží úkony zamýšlené uživatelem, lehce změní parametry nastavení, aniž by na to upozornil a pak se uživatel s snaží (někdy i dlouhé minuty) vnutit programu svůj záměr, s jehož vkládáním do programu ještě před chvílí nebyly žádné problémy. Na obranu rodiny programů MS Office však musí být podotknuto, že výše zmíněná chyba je často způsobena uživatelskou neznalostí se všemi funkcemi programu. Tato vlastnost samovolného měnění nastavení však často dokáže práci otrávit a také ji zbytečně prodloužit.

2.3.1 Závislost mezi činnostmi

Mezi klíčové funkce při plánování projektu je určení logické návaznosti jednotlivých činností. Vzájemnou závislost dvou činností umí program MS Project definovat čtyřmi způsoby.



vztah konec/začátek (Finish to Start):

Konec jedné činnosti je spojen se začátkem jiné. Začátek činnosti 2 je vázán na konec činnosti 1. (nejčastěji používaná vazba)

vztah začátek / konec (Start to Finish):

Začátek jedné činnosti je vázán na ukončení jiné. Začátek činnosti 1 je vázán na konec činnosti 2. (málo používaná vazba)

vztah začátek / začátek (Start to Start):

Jsou vázány začátky činností. Začátek činnosti 2 je vázán na začátek činnosti 1.

vztah konec / konec (Finish to Finish):

Jsou vázány konce činností. Konec činnosti 2 je vázán na konec činnosti 1.

Jako rozšíření základních vazeb je používáno zpoždění vazby. Příkladem je návaznost činností Poslání dopisu a Přečtení dopisu. Mezi těmito činnostmi je určitá časová prodleva - doručení dopisu. Tuto skutečnost se dá nastavit právě díky zpoždění vazby.

2.3.2 Zdroje

Chápání zdrojů použitých v projektu vyžaduje trochu širší vnímání. Zdroje se dělí do dvou základních skupin: *pracovní* a *materiálové*. Nejsnadnějším popisem těchto dvou skupin je základní přirovnání - zaměstnanci patří do skupiny pracovní a veškerý materiál a zařízení patří do skupiny materiálové. Není to však úplně pravdivý popis, protože i zaměstnanci se zařazují do materiálových zdrojů, například pokud jsou to externí spolupracovníci a jsou nájímáni od jiných firem.

Možnosti definování vlastností zdrojů je mnoho a mohou zásadně ovlivnit plánování celého projektu. Pro práci se zdroji se nejlépe hodí pohled na projekt *Seznam zdrojů*. Zde program nabízí možnost vytvářet a rušit zdroje, definovat jejich vlastnosti. Mezi ně patří: základní identifikační údaje, pracovní kalendář (pokud je jiný než pracovní kalendář celého projektu) a náklady na použití zdroje. Ty se dělí na dva základní typy: fixní (typické pro materiálové zdroje) a časové (typické pro pracovní zdroje).

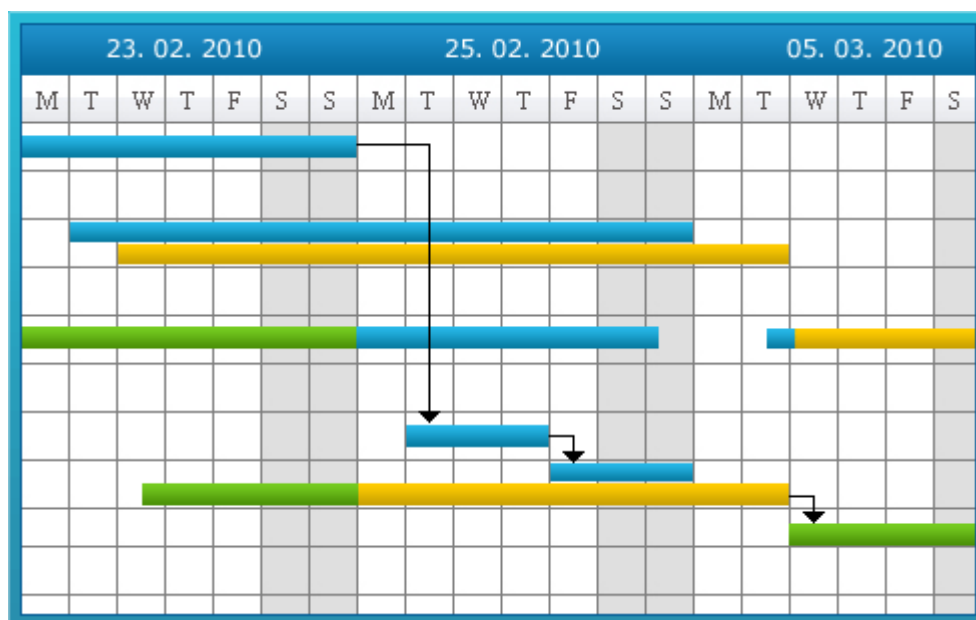
2.3.3 Možnosti plánování projektu

Program MS Project umožňuje různé zobrazení plánovaného projektu. Dvě uživatelsky nejzajímavější zobrazení projektu jsou:

- zobrazení pomocí Ganttova diagramu
 - *Ganttův diagram* je druh pruhového diagramu, který je nejvhodnější pro zobrazení závislostí jednotlivých činností v čase. V tomto zobrazení je osa x osou časovou a (měřítko zobrazení závisí na přiblížení) a proto je v grafu hned poznat časový průběh. Zobrazení činností v grafu (umístěného v pravé části obrazovky) koresponduje s uspořádáním činností v levém sloupci, kde jsou zároveň definovány jejich vlastnosti - začátek/konec činnosti, zdroje, logická závislost na ostatních činnostech apod. . Zobrazení projektu pomocí Ganttova diagramu bývá v praxi nejběžnějším zobrazením, z důvodu jeho snadné čitelnosti.

výhody: snadná čitelnost a srozumitelnost, zobrazení na časové ose, okamžité zobrazení časové náročnosti, možnost zobrazení barevné výplně v závislosti na stupni dokončení činnosti

nevýhody: nepraktické u složitějších projektů, nezobrazují zdrojovou náročnost činnosti, někdy hůře čitelná logická návaznost činností



Obrázek 3: Příklad Ganttova diagramu

- Zobrazení projektu pomocí Síťového grafu
 - *Síťový graf* je zobrazení logických návazností jednotlivých činností. Má jeden počáteční a jednu koncovou činnost a činnosti mezi nimi jsou propojeny vazbami v závislosti na jejich logické posloupnosti. V programu MS Project nejsou jednotlivé činnosti zobrazeny jako hrany, ale jako vrcholy Síťového grafu, což je rozdíl od běžné praxe.

výhody: jasné zobrazení logických návazností jednotlivých činností, při vhodně zvoleném zobrazení použitelnost i u složitějších projektů

nevýhody: na první pohled nečitelná časová náročnost činností,
nutná přesná znalost logických návazností úkolů

Oba dva z výše zmíněných zobrazení jsem použil při plánování projektu revize letounu Boeing 737NG a jsou blíže popsány v následujících kapitolách této práce.

3 Fiktivní Opravárenské středisko

Opravárenská společnost popisována v této diplomové práci by měla zastupovat klasický příklad firmy, která se zabývá těžkou údržbou a revizemi letounů Boeing 737NG. Mnou vytvořena fiktivní společnost bude v práci nazývána "Opravárenské středisko" a bude řízena stejnou strukturou jako většina údržbových společností na trhu. Systémy plánování, údržba a logistika by měly být podobné s běžnou společností, která není v oboru příliš dlouho a která se stále snaží tyto systémy optimalizovat. Pravděpodobně každá z opravárenských společností na trhu by ve mnou navrženém modelu našla podobnosti se svými systémy fungování a řeší podobné problémy, na které se budu snažit v této práci upozornit a navrhnout řešení pro jejich optimalizaci.

V této práci se snažím o co největší zefektivnění systému plánování údržby a s tím souvisí také způsoby zásobování a včasné dodávání náhradních dílů. Mnoho společností toto řeší přes smluvní externí logistickou společnost, která má zásobování na starosti a která má svůj vlastní systém logistiky a objednávky materiálu. Toto řešení má řadu výhod, ale také nevýhod, na které se pokusím v práci poukázat. Budu se také snažit podrobněji popsat zajišťování materiálu v praxi a to formou vytvoření fiktivní firmy, kterou budu v práci nazývat "Logistická společnost" a na jejím špatném fungování se pokusím poukázat na způsoby optimalizace dodávky materiálu potřebného pro vykonání kvalitní revize letounu Boeing 737NG.

4 Plánování revize

Provozovatel letadla má právo vytvořit na základě dokumentů výrobce (MRB,MPD, AMM atd.) svůj vlastní, tzv. customized, údržbový program, který může být obecně stejný nebo přísnější než program předepsaný výrobcem a může užívat i jiné názvy pro jednotlivé typy prohlídek. Rovněž může mít provozovatel právo zvýšit intervaly jednotlivých prací o 5-10% v závislosti na typu/výrobci letounu a národních předpisech. Tento program údržby se může s časem vyvíjet a měnit na základě provozních zkušeností provozovatele a optimalizace údržby, ovšem musí být dodržena podmínka, že intervaly údržby nebudou delší než povolené výrobcem a/nebo leteckým úřadem. Program údržby je finálně schvalován příslušným leteckým úřadem dané země provozovatele letounu. Jednotlivé práce mají interval počítaný podle jedné nebo více z následujících veličin:

- Letové hodiny
- Počet přistání
- Počet spuštění (motory, APU)
- Doba práce (APU)
- Kalendářní čas

Jednotlivé servisní práce jsou na základě průměrného ročního nebo měsíčního náletu letounu a předepsaného intervalu provedení sdružovány do jednotlivých prohlídek, tak aby byla zaručena letová způsobilost letounu a zároveň došlo k co nejmenšímu ovlivnění obchodních činností aerolinky. Názvosloví pro jednotlivé prohlídky se může lišit jak podle výrobce letounu tak i provozovatele. Ovšem i v této oblasti došlo k jisté standardizaci a je možné vypořádat snahu o stejné pojmenování prohlídek podobného rozsahu. V Tabulce číslo 1 jsou uvedeny nejčastější názvy prohlídek jak jsou používány v praxi a přibližné intervaly.

Tabulka 1: Obecný přehled prohlídek letounů

Název prohlídky	Interval
Pre-flight / Předletová prohlídka	Před každým letem
Daily check / Denní prohlídka	24H
Weekly check / Týdenní prohlídka	7D
A-check (4 periody A-2A-4A-8A)	250 - 400 FH
C-check (6 period 1C-2C-4C-6C-8C)	4000 - 6000 FH/4000 FC/1-1,5Y
SI (Strukturální inspekce)	6Y/12Y

Zkratky: D – dny, FH – letové hodiny, FC – letové cykly, H – hodiny, Y - roky

Následující dvě tabulky ukazují příklad, jak může být zorganizován plán údržby. Jedná se o plán údržby čistě podle předpisu výrobce letounu, do kterého nejsou zahrnuty žádné individuální vlivy provozovatele letounu. Tabulka č.2 ukazuje plán prohlídek „A-check“, tzv. traťové údržby, s intervalem 250FH a šestnáctinásobným opakováním do první prohlídky typu „C-check“, což je prohlídka tzv. těžké údržby - údržby prováděné na základně. Jednotlivé stupně prohlídky „A“ mohou být vykonávány i samostatně bez návaznosti na prohlídky vyššího či nižšího stupně.

Tabulka 2: Program prohlídek typu A-check

Prohlídka	Cyklus A-check, 250FH/cyklus, 16cyklů/C-check															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2A		X		X		X		X		X		X		X		X
4A				X				X				X				X
8A								X								X
1C																X

Tabulka č.3 je ukázkou rozvržení prohlídek typu „C“ (tzv. C-check), což je již prohlídka údržby prováděné na základně, což znamená, že práce jsou natolik rozsáhlé, že není možné práce provést během normálního provozu a letoun bývá odstaven na přibližné 7 dní. Systém v tabulce počítá s nejjednodušší variantou programu údržby, tedy že prohlídka „C“ se bude opakovat 8-krát v intervalu 4000FH s tím, že strukturální prohlídka bude prováděna v šesté fázi a každá prohlídka 1C obsahuje všechny stupně prohlídky typu „A“. Plánování prohlídky typu „C“ jejímu optimalizování se věnuje právě tato práce.

Tabulka 3: Program prohlídek typu C-check

Prohlídka	Cyklus C-check, 4000FH/inetrval, 6/SI							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1C	X	X	X	X	X	X	X	X
2C		X		X		X		X
4C				X				X
6C						X		
SI						X		
8C								X

Údržba letadla jako taková, tedy fyzické provedení, se provádí podle dokumentace vydávané a aktualizované výrobcem a je tvořena opět sadou příruček popisující přesně jednotlivé úkony údržby, návody jak je provést, popis jednotlivých letadlových systémů a další pomocné informace. Do této skupiny příruček patří:

- Údržbový manuál letadla (AMM, poskytuje návody na provedení jednotlivých úkonů údržby se seznamem potřebného materiálu a vybavení ke správnému provedení)
- Manuál pracovních karet (TCM, vychází z AMM a MPD, jedna pracovní karta obsahuje návod na provedení předepsaného úkolu údržby, karta musí být provedena v předepsaném intervalu, karta obsahuje odkazy na více úkonů z AMM, obsahuje i seznam potřebného nářadí a materiálu/dílů)
- Ilustrovaný katalog náhradních dílů (AIPC, slouží k určení identifikačního čísla všech dílů letounu)
- Manuál pro opravy konstrukčních prvků (SRM)

- Manuál standardních postupů při práci s elektroinstalací (SWPM)
- Příručka s nákresy elektroinstalace letounu (WDM)
- Příručka standardních postupů při opravách/renovaci (SOPM)
- Příručka pro odhalování závad (FIM)

Podle výše zmíněné dokumentace se tedy provádějí jednotlivé úkoly údržby v intervalech tak, jak jsou předepsány v programu údržby letadla. Každý úkol údržby pro své provedení má vydánu tzv. pracovní kartu, která je nositelem informace o intervalu provádění daného úkolu, má jedinečné číslo vycházející z plánu údržby, obsahuje informace o materiálu a nářadí potřebném k řádnému provedení, obsahuje odkazy na další příručky k údržbě letounu pro provádění jednotlivých úkonů.

Úkony prováděné mechaniky při revizi letounu se dost často liší podle přání zákazníka, typu prováděné revize a množstvím zjištěných neplánovaných závad, avšak většinu z těchto úkonů je třeba provádět při každé revizi a proto je možné je při plánování zohlednit. V této práci se budu snažit vytvořit plán revize (C-check) , který by při budoucích revizích stejného rozsahu mohl sloužit jako předloha, podle které by se plán údržby sestavil. V této práci je revize plánována z úkolů, které se běžně vykonávají při revizi stejného rozsahu a které nepřekračují rámec standardní revize. Při plánování revize konkrétního letounu se však téměř vždy narazí na závady, se kterými se dopředu nepočítalo a které je nutné opravit. Tyto nalezené a dopředu těžko předvídatelné závady mohou mít nežádoucí vliv na celkovou délku revize, což může mít za následek nedodržení smlouvené doby ukončení revize a tím pádem nedodržení podmínek smlouvy. Pro takovéto případy bývají ve smlouvách dodatky, ve kterých jsou jasně definované penále z prodlení, které jsou nuceny opravárenské společnosti zaplatit v případě nedodržení předem domluveného termínu dokončení revize. Toto je způsob, kterým si zákazník zajišťuje minimalizování doby, kterou letoun nelétá a nepřináší společnosti zisk. Výše těchto penále se odvíjí od délky překročení domluveného termínu dokončení revize.

Podle dohody však nemusí být, ze strany zákazníka nárokovány, uzná-li zákazník, že prodlení nebylo způsobeno servisní organizací, ale že za něj může nepředvídatelná okolnost.

Každá opravárenská společnost provádějící revize letounů však dělá vždy vše pro to, aby délka revize nepřekročila termín dokončení uvedený ve smlouvě, byly splněny všechny požadavky na revizi požadované klientem a aby kvalita vykonané práce byla na co možná nejvyšší úrovni. Tím si opravárenská společnost zajistí dodržení smlouvy a s tím spojené domluvené finanční ohodnocení, které je vlastním cílem provedení celé revize.

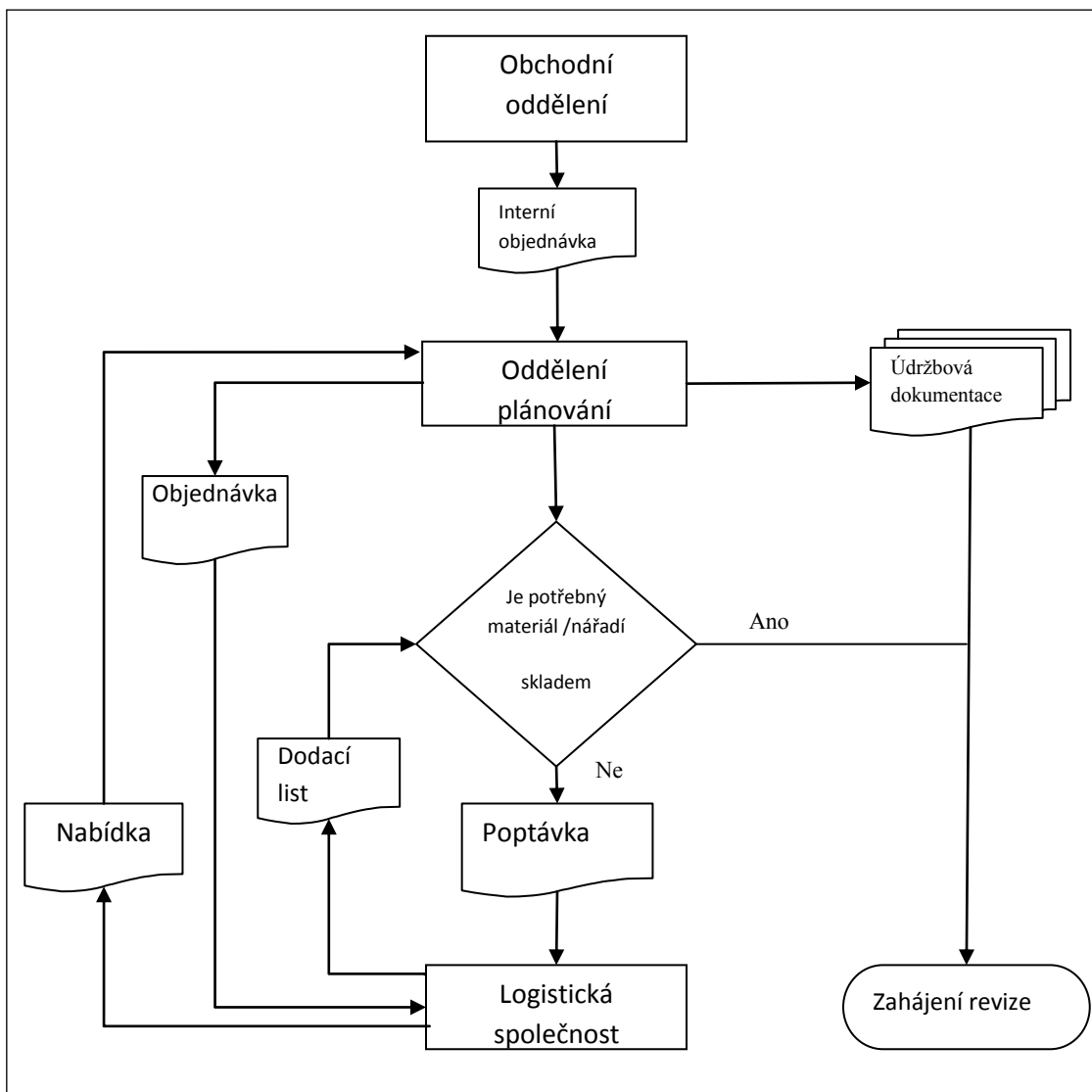
5 Příprava projektu revize

Získání a domluvení zakázky je v kompetenci vedení firmy a jejího obchodního oddělení. Toto oddělení má v počáteční fázi přípravy revize za úkol prokonzultovat se zákazníkem jeho požadavky, celkový rozsah požadovaných prací, případně vyjednat dodání materiálu přímo od zákazníka a po konzultaci s plánovacím oddělením domluvit předběžnou délku revize a termíny jejího zahájení a ukončení. Tyto termíny bývají často pro zákazníka směrodatné, protože si může dále naplánovat pozdější ekonomické využívání letounu.

Jakmile je obchodním úsekem oznámeno přijetí zakázky na údržbu formou odeslání interní objednávky na technické oddělení, přechází příprava do tzv. technické fáze. Během této fáze se zajišťuje potřebný materiál pro pokrytí požadavků z BOM a náradí (tzv. BOT) na provedení dané údržby a je vytištěna údržbová dokumentace nezbytná k řádnému provedení a vykázání prací. Komunikaci se zákazníkem již částečně přebírá oddělení plánování a technologie a technické podpory, které dolaďují některé detaily ohledně technického a materiálního zabezpečení, které může být z části poskytnuto i ze strany zákazníka, pokud se jedná o těžko dostupné nebo speciální díly a přípravky. Oddělení plánování zkontroluje dostupnost materiálu z BOM a pokud zjistí nedostatky, materiál poptá a následně objedná u externí firmy Logistická společnost.

Další nezbytnou činností je zajištění aktualizované a správné technické servisní dokumentace (manuálů) pro řádné provedení údržby letadla. Toto má na starosti oddělení technické podpory – technická knihovna, která zabezpečuje jednak dodání potřebné dokumentace od zákazníka, neboť jen on má k platné dokumentaci pro dané letadlo přístup, ale také zajišťuje dostupnost jiných příruček a manuálů, které nejsou v základním balíku údržbové dokumentace a příruček letounu. Jedná se nejčastěji o údržbové příručky jednotlivých komponent letounu a udržování aktualizované knihovny servisních bulletinů a příkazů k zachování letové způsobilosti. Proces přípravy revize je znázorněn na obrázku č.5. Pro jednoduchost je záměrně vynechán průběh kontroly a zajišťování servisní dokumentace.

Důraz je kladen na materiálové a technologické zajištění revize, neboť toto je jádrem přípravy každé údržby letounu a také nejčastější příčinou zpoždění termínu dokončení servisní prohlídky. Této problematice je v této práci věnovaná samostatná kapitola: "5.2 Materiálové zajištění údržby"



Obrázek 4: Proces technické přípravy revize

Součástí přípravy údržby je i propočet skutečné pracnosti revize, tedy normohodin, které revize zabere a na jejichž pokrytí bude potřeba postavit personál. Propočet vychází z požadavku daného zákazníkem, kdy každý úkol údržby má výrobcem stanovenou pracnost na provedení. Tato předepsaná pracnost platí při provádění práce zkušeným pracovníkem a neobsahuje čas potřebný například na přípravu práce, prostudování pracovního postupu, získání přístupu k místu práce a podobně. Zároveň je nutné zahrnout i efektivitu práce mechanika, která ve velmi dobrém případě činí 70%. Pro výpočet skutečné pracnosti revize si každá firma volí svůj postup a metodiku, která je nejčastěji založena na dlouhodobém monitorování pracnosti jednotlivých úkolů a poté je stanovena průměrná pracnost na daný úkol. Je také možné vytvořit vzorec pro výpočet pracnosti revize, který může vypadat následovně:

Teoretická pracnost revize dle MPD	1000 MHrs
------------------------------------	-----------

<u>Koeficient pro přístupy / přípravu</u>	<u>2,5</u>
---	------------

Účtovatelná pracnost za rutinní práce = $1000 \times 2,5 =$	2 500 MHRs
---	------------

Účtovatelná pracnost zákazníkovi za rutinní práce	2 500 MHrs
---	------------

<u>Koeficient pro nalezené závady</u>	<u>0,5</u>
---------------------------------------	------------

Účtovatelná pracnost za nerutinní práce = $2500 \times 0,5 =$	1 250 MHrs
---	------------

Celková (očekávaná) účtovatelná pracnost = $2500 + 1250 =$	3 750 MHrs
--	------------

Celková účtovatelná pracnost	3 750 MHrs
------------------------------	------------

<u>Koeficient efektivitu práce</u>	<u>0,7</u>
------------------------------------	------------

Objem MHrs nutných na provedení = $3750 : 0,7 =$	5 357 MHrs
--	------------

Z objemu MHrs nutných na provedení prací a z informací o požadovaném dokončení revize vyplyne potřebný počet mechaniků na provedení revize. Rozdíl mezi objemem normohodin nutných na provedení prací a celkovou účtovatelnou pracností jde na vrub údržbové organizace. Tento rozdíl normohodin nedostane zaplacený a nemůže si jej nechat proplatit.

Jak je vidět, tak z teoretických a v manuálech udávaných 1000 MHr se při plánování musí počítat s nárůstem na 5357 MHr. Každá údržbová organizace má koeficienty přepočítávání nastaveny rozdílně a to podle zkušeností z vlastních provozů. Podobné propočítávání a "umělé nafukování" pracovní doby může být jedním důvodů, proč se organizaci nemusí dařit dodržování termínů naplánované práce, poněvadž v praxi se může skutečná časová náročnost úkolů dost lišit od té předpokládané, což nabourává naplánovaný pracovní harmonogram.

5.1 Plánování revize a analýza činností

Kvalitně provedená údržba a servis letounů je základní způsob zachování letecké způsobilosti stroje a udržení vysokých bezpečnostních nároků a standardů, které jsou na leteckou dopravu kladeny. To jsou také důvody, proč se musí věnovat každému letounu zvýšená pozornost od doby jeho schválení do provozu až po jeho vyřazení. Prováděním svědomité a pravidelné údržby se identifikují závady (kterým se žádný stroj za dobu svého provozu nevyhne) a všechny systémy se udržují v požadovaném stavu zaručující nejvyšší možnou úroveň bezpečnosti, která musí být v letecké praxi vždy na prvním místě.

Pro správné naplánování revize velkého dopravního letounu je zapotřebí velká zkušenost plánovače, který má k dispozici přesné a aktualizované informace o plánované

údržbě. Každá opravárenská společnost je povinna uchovávat veškerou dokumentaci v aktualizovaném stavu a reagovat na nejnovější aktualizace od výrobce či příslušného úřadu.

Každý typ letounu pro obchodní přepravu vyvinutý a schválený podle předpisů EASA nebo FAA je vybaven celou sadou údržbové dokumentace, která tvoří předpis pro provádění údržby. Tyto dokumenty jsou připraveny výrobcem letounu a schváleny příslušným státním leteckým úřadem. Páteř této sady dokumentů tvoří příručky, které jsou výchozí pro vytvoření programu údržby každému jednotlivému provozovanému letounu:

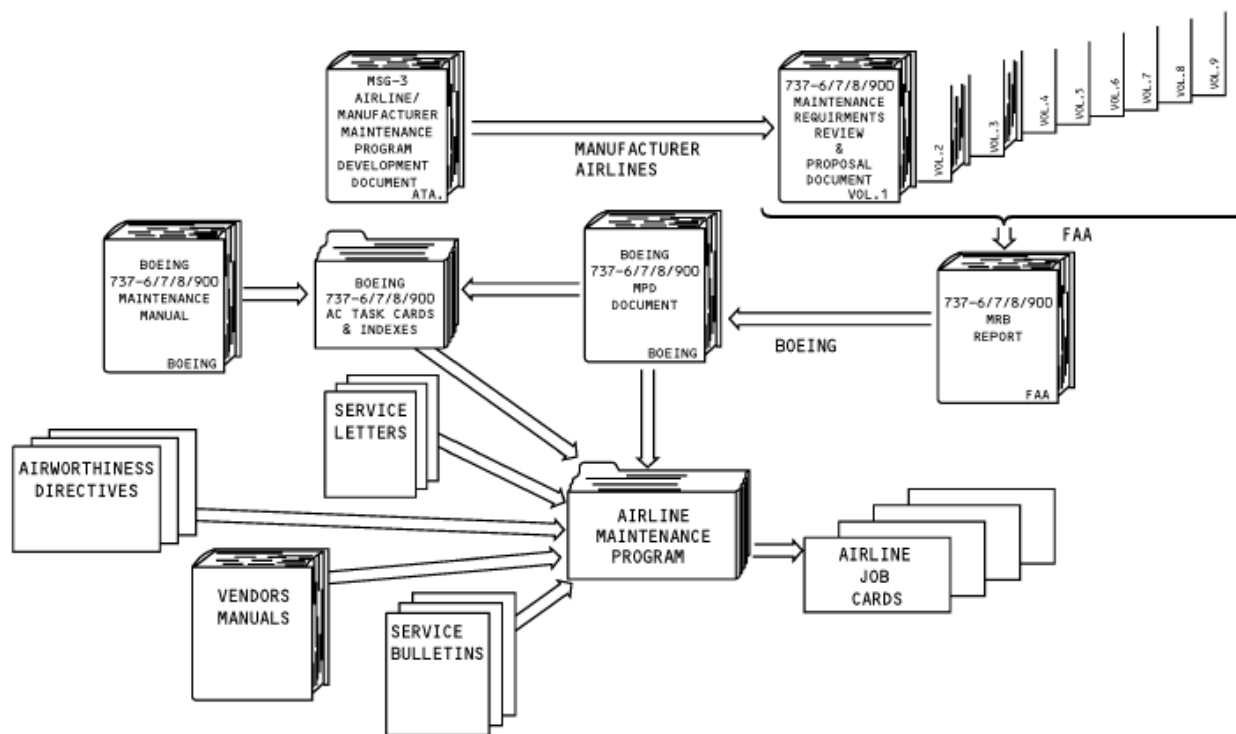
- MRB – Maintenance Review Board
- MPD – Maintenance Planning Data
- AMM – Aircraft Maintenance Manual
- TCM – Task Card Manual

Při přípravě programu údržby daného letounu je nutné zahrnout i další dokumenty, které nejsou vydávány pouze výrobcem letounu, ale i leteckými úřady a výrobci jednotlivých komponentů a podsestav letounu. Jsou to:

- Servisní dopisy (Service Letter)
- Příkazy k zachování letové způsobilosti (Airworthiness Directives)
- Servisní bulletiny (Service Bulletins)
- Příručky výrobců komponentů/podsestav (Vendor manuals)

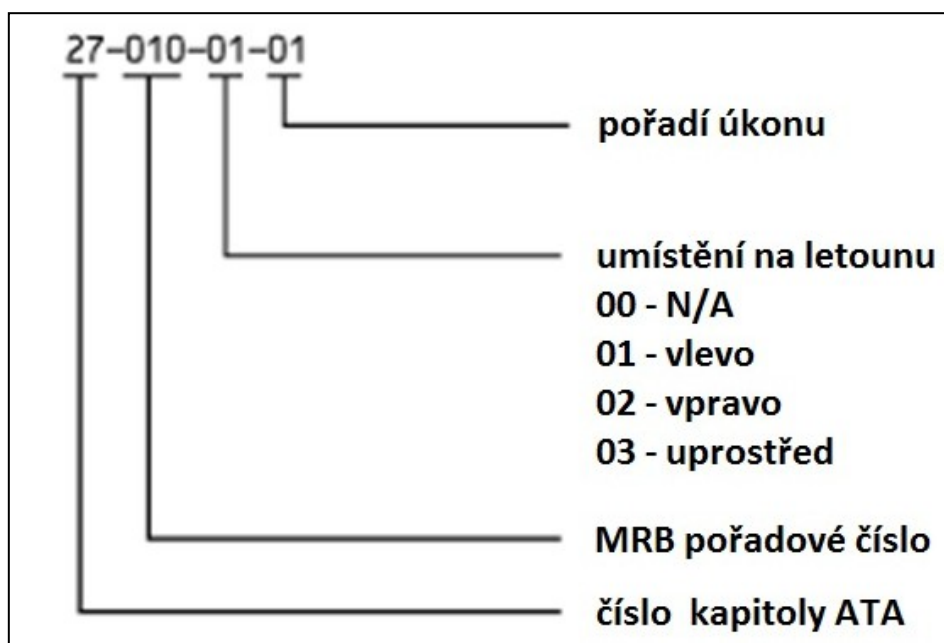
Aby mohla být zpracována síťová analýza na jejímž základě by se sestavil síťový graf, je třeba nejprve provést důkladnou analýzu jednotlivých činností, které je potřeba při revizi vykonat. Seznam těchto požadovaných prací je v ideálním případě s předstihem dodáván přímo zákazníkem, který si sám určí rozsah revize a s tím spojenou časovou a finanční náročnost. Většinou se však stává, že seznam úkolů požadovaných zákazníkem není dodán s dostatečným předstihem, což značně komplikuje práci plánovacího oddělení. V této analýze je třeba určit rozdělení úkonů, jejich vzájemnou návaznost a jejich časovou náročnost.

Návod pro samotné plánování revize je vydáván výrobcem jako tzv. MPD (Maintenance Planning Document - dokument plánování údržby), kde jsou popsány všechny informace, které potřebuje plánovač vědět pro správné naplánování revize či opravy. Jak už bylo zmíněno dříve, v této práci se budu zabývat plánováním údržby letounu Boeing 737NG a budu jej vypracovávat na základě dokumentů vydaných firmou Boeing platných pro letouny 737-600/700/800/900.



Obrázek 5: Schéma vypracování programu údržby pro letouny B737-600/700/800/900

Všechny úkony, které jsou prováděny na letounu jsou zastupovány tzv. tasky (z angl. task - úkol, práce, zadání). Každý z těchto tasků má své číselné označení (task number), pod kterým je dohledatelné v systému a které určuje jeho systémové zařazení. Každému tasku je přiřazeno právě jedno identifikační číslo. Každý task zastupuje jeden úkol, který je nutný provést. Zároveň také slouží jako pomoc mechanikovi který z něj vyčte vše potřebné.



Obrázek 6: Identifikační číslo tasku (task number)

Místo čísla kapitoly ATA (prvních digit) se také může nacházet písmeno, což znamená, že práce tohoto tasku nespadá pod žádnou z kapitol ATA, ale provádí se na části letounu, která prošla kustomizací.

Kapitoly ATA rozdělují činnosti podle systému na letounu, kterým se daná činnost zabývá. Těchto ATA kapitol je na letounu Boeing 737NG celkem 37 a reprezentují systémy na tomto letounu.

Tabulka 4: Seznam ATA kapitol letounů Boeing 737

ATA kapitola	Originální název	Český překlad
20	Control Cables	Lana řízení
21	Air Conditioning	Klimatizace
22	Auto Flight	Systém automatického letu
23	Comminications	Komunikační zařízení
24	Electrical Power	Elektrické vedení
25	Equipment and Furnishing	Vybavení a zařízení
26	Fire Protection	Požární ochrana
27	Flight Controls	Řízení letu
28	Fuel	Palivo
29	Hydraulic Power	Hydraulika
30	Ice and Rain Protection	Dešťová ochrana a odmrazování
31	Indicating and Recording System	Indikační a záznamový systém
32	Landing Gear (Mechanical)	Podvozkový systém
33	Lights	Světla
34	Navigation	Navigační systém
35	Oxygen	Kyslík
36	Pneumatic	Pneumatický systém
38	Water and Waste	Voda a odpad
49	Airborne Auxiliary Power Unit (APU)	Pomocná energetická jednotka
51	Standard Practices and Structures	Standardní postupy a konstrukce
52	Doors (Mechanical)	Dveře
53	Fuselage Drains	Drenáž draku
54	Nacelles/Pylons	Gondoly a pylony
55	Stabilizers	Stabilizátory
56	Windows	Okna
57	Wings	Křídla
70	Standard Practices - Engine	Standardní postupy - Motor

71	Powerplant	Motorová jednotka
72	Engine	Motory
73	Engine and Fuel Control	Kontrola motoru a paliva
74	Ignition	Zapalování
75	Air	Vzduch
76	Engine Controls	Ovládání motoru
77	Engine Indicating	Indikace stavu motoru
78	Exhaust	Výfukový systém
79	Oil	Olej a mazání
80	Starting	Spouštění

Výše popsané ATA kapitoly rozdělují všechny úkony prováděné na letounu do kategorií, které zastupují jednotlivé *systémy* na letounu. Číslování jednotlivých kapitol je shodné pro všechny letouny a nezáleží na výrobci. Každý z těchto systému je důležitý pro bezpečné fungování letounu a v žádném případě nesmí být žádná kapitola při revizi zanedbávána a práce na ní musí být provedeny se stejnou zodpovědností jako práce na jiných ATA kapitolách. Tento přístup je však vlastní každému leteckému mechanikovi a je brán jako samozřejmost.

V rámci analýzy můžeme jednotlivé úkony rozdělit podle druhu činnosti do devíti kategorií, které jsou popsány v Tabulce 5: Druhy úkonů prováděných při revizi.

Tabulka 5: Druhy úkonů prováděných při revizi

VCK	VISUAL CHECK	Test. Vizuelní nalezení závady a určení, jestli díl stále plní svůj účel. Nevyžaduje kvantitativní tolerance.	Vizuální prohlídky
GVI	INSPECTION - GENERAL VISUAL	Vizuální prohlídka, která odhalí zjevné nevyhovující podmínky.	
DVI	INSPECTION - DETAILED	Detailní vizuelní prohlídka určitého dílu, montáže nebo instalace. Hledání potencionální závady.	
OPC	OPERATIONAL CHECK	Test. Nalezení závady a určení, jestli díl stále plní svůj účel. Nevyžaduje kvantitativní tolerance.	Kontroly
SVC	SERVICING	Oprava a servis dílu.	
FNC	FUNCTIONAL CHECK	Kvantitativní kontrola, zda jedna nebo více funkcí dílu vykonává svou činnost ve stanovených mezích. Hledání potencionální závady.	
LUB	LUBRICATION	Doplnění potřebného mazání.	Práce
RST	RESTORATION DS = DISCARD	Přepracování, nahrazení dílu nebo jeho vyčištění nutné pro navrácení dílu na určený standard.	
DIS	DISCARD	Vyjmutí nebo demontáž dílu po překročení jeho životnosti	

Obecné rozdělení úkonů a jejich přibližné pořadí:

- Přijetí letounu do opravy, vyplnění příslušných dokumentů a uzavření smluv
- Umytí letounu
- Otevření přístupových panelů

- Testy
- Inspekce a prohlídky (vč. výměn)
- Mazání
- Finální testy (po výměnách)
- Uzavření přístupových panelů
- Motorová zkouška
- Předání letounu

Všechny činnosti, které se budou při revizi letounu vykonávat, se dají ještě z pohledu možnosti materiálové přípravy rozdělit na:

- Rutinní práce - činnosti vyžadované zákazníkem a s předstihem deklarované
 - na tyto činnosti se dá materiálově dopředu připravit a potřebný materiál s předstihem objednat.
- Nerutinní práce - nálezy nalezené na letounu při prohlídkách nebo úkony, které dodatečně požaduje zákazník a které nebyly dopředu deklarované (různé předem neohlášené modifikace, bulletiny, incoming defects -závady zjištěné v průběhu používání letounu a které jsou zapsány v knize závad, která se nachází v letounu)
 - na tyto činnosti se nedá dopředu připravit a objednat materiál a proto se musí čekat, než dorazí

5.2 Materiálové zajištění údržby

Včasné zajištění materiálu potřebného při práci je jednou ze stěžejních věcí, které ovlivňují celkovou délku revize a tím pádem také dodržení smlouveného termínu dokončení. To je také důvod, proč by měla této problematice údržbová organizace věnovat zvýšeno pozornost. V současné době je systém v Opravárenském středisku z pohledu nákupu materiálu nastaven tak, že pouze jediná firma, a to dceřiná firma Logistická společnost, tyto služby zajišťuje. Tato firma neprovádí nákup materiálu na sklad a materiál objednává vždy přesně podle množství požadovaného pro vykonání konkrétní revize. Množství a seznam materiálu nutného pro zajištění revize zpracovává plánovací oddělení (pomocí softwaru Quantum) a tento seznam je předán obchodnímu oddělení. Obchodní oddělení seznam materiálu posoudí z finančního hlediska a formou objednávky odešle Logistické společnosti, která objednané díly zajistí. Pokud se tento proces podaří zpracovat alespoň dva týdny před samotným příletem letounu, tak by se vše mělo stihnout a materiál bude před zahájením prací připravený. Tímto způsobem se však dá materiál připravit pouze na rutinní práce, jejichž rozsah je znám před příletem letounu. V průběhu revize se díky kontrolám stavu systémů často stane, že se narazí na nerutinní úkol, jehož splnění je závislé na dodání nového náhradního dílu nebo jiného materiálu. V tomto případě nastává problém a musí se na dodání materiálu čekat, což většinou prodlouží i celkovou dobu revize.

Stávající systém, kdy materiál potřebný k servisním pracím na letoun dodává pouze jedna firma, která navíc neprovozuje sklad a pouze materiál objednává, je asi největší problém v celém systému plánování. Konečná spokojenost zákazníka je do velké míry podmíněna včasným dokončením všech servisních prací které stanoví, kdy se letoun může vrátit zpět do provozu a opět může přinášet svému majiteli zisk. Konečný termín dokončení však bývá vždy ohrožen, nemá-li firma skladem potřebný materiál potřebný k dokončení prací a musí jej dodatečně objednat a čekat než je potřebná součástka do společnosti dopravena. Není neobvyklé, kdy je objednaný materiál mechanikům k dispozici až dva týdny po zjištění

závady. Tato aktivně nevyužitá doba pak bývá nejčastější příčinou nedodržení smlouveného termínu dokončení celé revize a tím i nedodržení termínu zakázky.

5.3 Provádění údržby

Proces údržby letounu na základně je natolik složitý, že je nezbytné, aby se do něj aktivně zapojily téměř všechny složky firmy. Pro každou zakázku na provedení údržby je určen alespoň jeden zodpovědný pracovník z obchodního oddělení, oddělení plánování a oddělení osvědčujícího personálu, které sdružuje zkušený technický personál s vysokou kvalifikací a ze kterého je vybrán tzv. vedoucí zakázky.

V zodpovědnosti *vedoucího zakázky* je rozdělení prací jednotlivým mechanikům podle jejich specializace, např. drak, motor, podvozek, hydraulický systém atd.. Vedoucí zakázky má zároveň nejvyšší kvalifikaci ze všech přidělených mechaniků a plní roli kontrolního orgánu, kdy kontroluje průběh a kvalitu probíhajících prací z technického pohledu. Se začátkem údržby letounů kategorie B737, která je specifická relativně velkým rozsahem už v základních stupních revizí a zároveň krátkými lhůtami na provedení v řádu 5-7 dní bylo nutné zvýšit počet mechaniků připadající na jednu revizi letounu. V ideálním případě připadá na jednu revizi letounu na jednu směnu cca 25 mechaniků. Takové množství je již mimo možnosti kontroly jedním vedoucím zakázky. Proto byli ustaveni vedoucí jednotlivých skupin mechaniků definovaných podle specializace na související systémy letounu a to:

- Motory, podvozky, palivový a hydraulický systém
- Drak letounu, systém řízení
- Interiér a jeho vybavení
- Avionické systémy

Toto rozdělení umožňuje distribuci úkolů od vedoucího zakázky směrem k jednotlivým mechanikům. Vedoucí jednotlivých skupin mechaniků zodpovídají za kvalitu a průběh prací prováděných v rámci jejich odborného zaměření. K těmto hlavním skupinám jsou navíc k dispozici pracovníci jednotlivých specializovaných dílen, kteří jsou na revizi letounu povoláváni dle aktuálních potřeb.

Pracovníci *oddělení plánování* připravují a řídí oběh dokumentace během revize a po jejím ukončení, spravují databázi závad nalezených během provádění rutinních prací a vydávají pracovní příkazy na jejich odstranění, poptávají a objednávají potřebný materiál a řídí oběh materiálu revize, tzn. vydávání materiálu ze skladu, vracení nepoužitého materiálu zpět, koordinace odesílání komponentů na opravu. Rovněž spravují a aktualizují informační systém na sledování údržby a jsou odpovědní za provedení všech zadaných prací. Zároveň také sledují a zaznamenávají průběh revize a pravidelně reportují zákazníkovi, případně vydávají další pracovní příkazy podle přání zákazníka nebo aktuálních potřeb.

Zpracování závad nalezených během provádění rutinních prací a inspekci je velmi podstatnou a časově náročnou úlohou během provádění revize. Zároveň na správném zvládnutí tohoto úkolu závisí velkou měrou dodržení termínu ukončení revize. Proto se jí musí věnovat zvláštní pozornost. Pokud je prováděna naplánovaná práce a je při ní zjištěn závada nebo poškození na jakémkoli systému nebo komponentu letounu, je tento nález provádějícím mechanikem zapsán do Seznamu závad (Defect list). V tomto seznamu je závadě (nálezu) přiděleno pořadové číslo v rámci dané revize. Záznam v Seznamu závad obsahuje základní informace o závadě, tedy:

- Číselné označení rutinní karty, během jejíhož provádění došlo k nálezu závady
- Popis závady, charakter poškození
- Předpokládaný způsob opravy (výměna dílu, oprava - způsob)

- Seznam požadovaného materiálu na provedení opravy
- Seznam požadovaného speciálního nářadí na provedení opravy

Aby nedošlo k záměně záznamů mezi více revizemi prováděnými najednou, je na každém listu Seznamu závad v hlavičce uvedeno k jaké zakázce a letadlu se vztahuje. Ze Seznamu závad je potom plánovačem závada přepsána/zaevidována do informačního systému spolu s BOM potřebným na opravu závady. Po kontrole a doručení veškerého potřebného materiálu je ze systému vytištěn pracovní příkaz na odstranění dané závady, který je předán vedoucímu zakázky k zajištění provedení. Tento příkaz obsahuje údaje přepsané ze Seznamu závad pro danou položku a BOM pro danou závadu. Do Seznamu závad se již vytištění opravné karty nezaznamenává. Rovněž se v Seznamu závad neeviduje skladový stav materiálu z BOM ani zda již byla oprava provedena. Provedené opravné karty se shromažďují ve zvláštní složce a na konci revize jsou předány zákazníkovi společně se Seznamem závad.

Pracovníci *obchodního oddělení* komunikují se zákazníkem a konzultují nákup materiálu, jehož cena přesahuje předem stanovený limit, do jehož výše je možný volný nákup bez výslovného souhlasu zákazníka. Obchodní pracovníci rovněž dohlíží a zodpovídají za správné fakturování provedených služeb a použitého materiálu zákazníkovi a provádějí finální fakturaci po ukončení revize.

Pracovníci *oddělení technologie* jsou přidělováni a povoláváni na zakázku podle aktuální potřeby asistence. Oddělení technologie má za úkol poskytovat technicko-administrativní podporu mechanikům, kdy provádějí zhodnocení závad mimo limity povolené údržbovou dokumentací, komunikují s výrobcem letounu a konzultují s ním možnosti oprav poškozených součástí nebo konstrukčních prvků. Také připravují a vydávají technologické postupy na provádění oprav a provádějí dozor nad jejich provedením.

Dalším oddělením, podílejícím se velkou měrou na úspěšně provedené údržbě je *zásobovací oddělení*, potažmo tedy *sklad*. Jak již bylo zmíněno, zásobování náhradními díly je nejčastěji prováděno přímo výrobcem. Jen ve zlomku případů je zásobování prováděno vlastním nákupem a hledáním dodavatelů. Tuto činnost provádějí pracovníci oddělení plánování. Samotné skladové hospodářství je kontrolováno a řízeno externí firmou Logistická společnost, kdy sklad a zásoby v něm jsou majetkem Opravárenského střediska a je spravován skladníky, kteří jsou však zaměstnanci Logistické společnosti. Toto řešení má původ v převedení hmotné zodpovědnosti a získání schválení na nakupování a přechovávání leteckých dílů, které má Logistická společnost, Opravárenské středisko však nikoli. Skladové hospodářství a procesy jsou tedy pod kontrolou Logistické společnosti, která ovšem musí reagovat a spolupracovat na požadavcích Opravárenského střediska, která musí zajistit dodržování standardů podle Části 145. Plnění této spolupráce na dodržování předepsaných podmínek a postupů je pravidelně auditováno a nálezy odstraňovány.

Spojovacím prvkem prolínajícím se všemi činnostmi při plánování, fakturaci a provádění revize může být *informační systém* Component Control Quantum, který je v Opravárenském středisku a Logistické společnosti implementován. Systém Quantum pracuje na základě databáze pracovních karet, kdy každá karta je díky svému číslu v systému unikátní. Číslo pracovní karty je pak nositelem následujících informací pro jednotlivou kartu v systému:

- BOM
- BOT
- MHRs

Sestavení balíku revize, tzv. workpacku, je potom realizováno seskupením pracovních karet podle zadání zákazníka a je zpracován finální BOM, BOT a propočet MHRs pro danou revizi. Vkládání dat o průběhu revize a již ukončených pracovních kartách je pak prováděno během revize, nejčastěji však až po ukončení, kdy podkladem jsou vyplněné formuláře

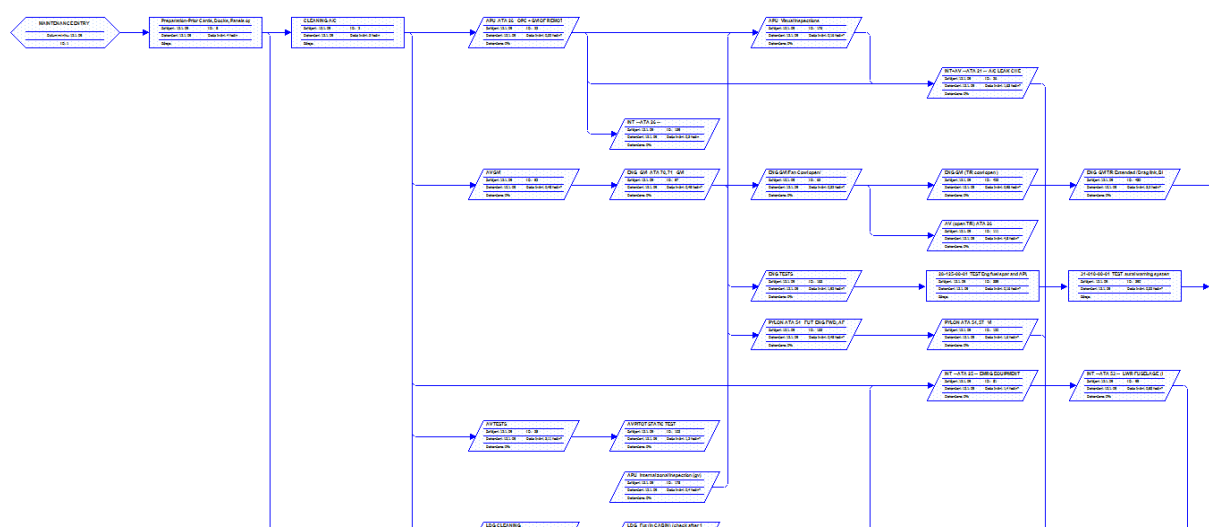
jednotlivých pracovních karet a potvrzené provedení karet v kontrolním Seznamu vydaných karet údržby, tzv. Tally sheet.

6 Vlastní návrh síťového grafu a jeho popis

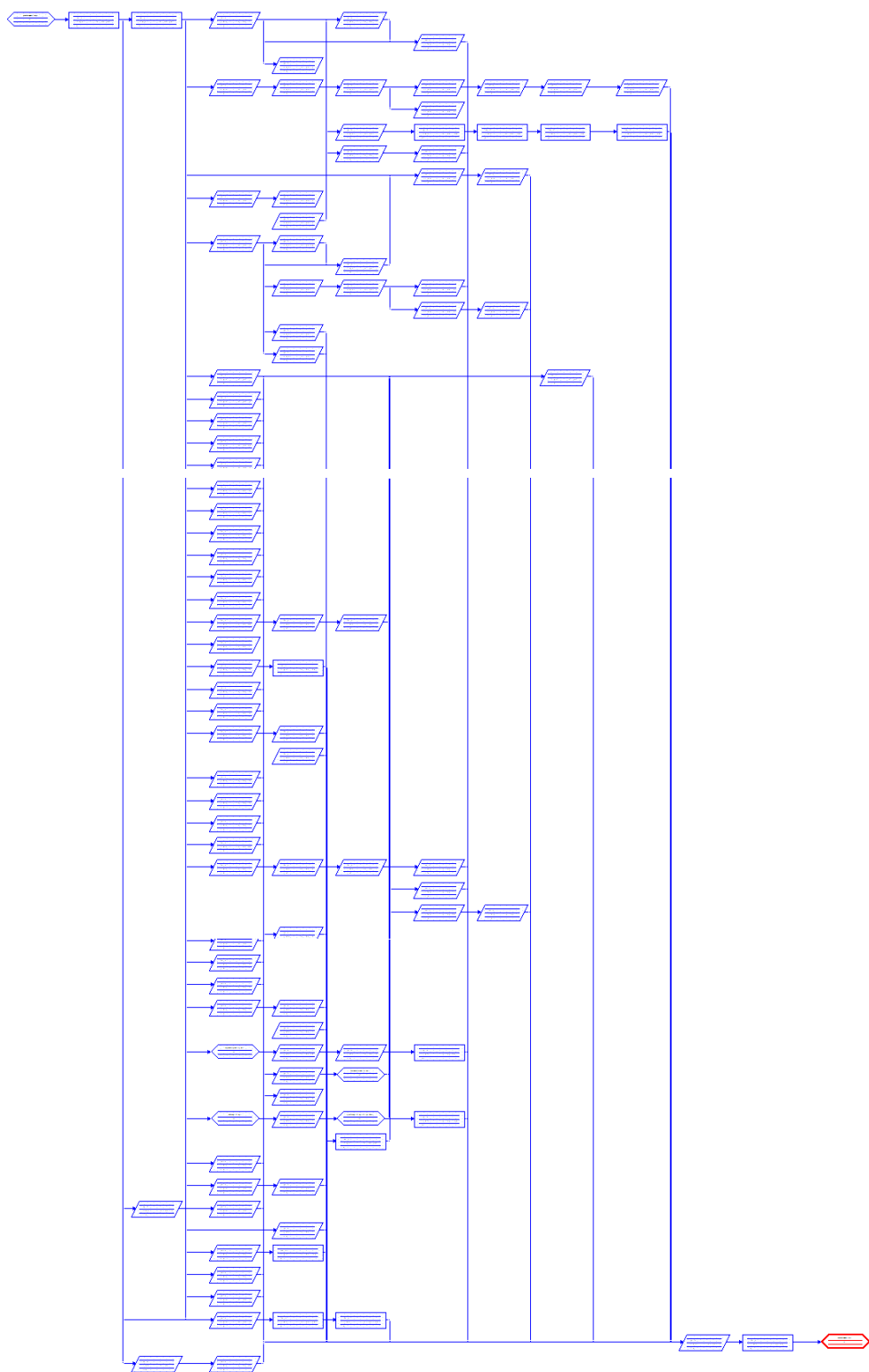
Vypracovat plán revize, který by byl použitelný obecně pro určitý typ letounu není jednoduché. Nelze vytvořit síťový graf, který by byl bez editace použitelný pro každou revizi ikdyž sejného rozsahu, avšak je možné vytvořit graf, ve kterém by byl vytvořen prostor pro opravy skrytých poškození, speciální přání zákazníka nebo pro jiné neplánované úkony. Při zobecňování však klesá přesnost časového plánování, což je pro budoucí použití nežádoucí. Síťový graf vytvořený pro tuto práci je sestaven z úkolů, které se běžně vykonávají při standardní revizi kategorie C-check, ale nejsou v něm zahrnuty speciální požadavky zákazníka. Revize každého letounu je tvořena určitým počtem činností, jejichž počet závisí na druhu revize a množstvím úkonů požadovaných zákazníkem.

Před začátkem sestavování síťového grafu je důležitá analýza jednotlivých činností, ze kterých se bude graf skládat. Posoudit je z hlediska vzájemných logických návazností a určit začátek a konec celého projektu. Mnou analyzovaný projekt C-check revize letounu se skládal více než 600 dílčích činností, avšak většina z nich byla součástí "balíčku" činností, mezi nimiž se mohly vytvořit logické závislosti a které sdružují podobné úkoly na stejných systémech letounu. Ke konstrukci síťového grafu jsem kvůli vysokému počtu činností použil software MS Project, který už je podrobněji popsán v kapitole "2.3: Software použitý pro zpracování síťové analýzy".

Výsledný Síťový graf je však natolik rozsáhlý, v této práci jsou lepší představu znázorněny pouze jeho části a celý síťový graf musel být přiložen k práci jako "Příloha č.1: C-check Síťový graf" a na přiloženém datovém nosiči je soubor pojmenován "C-check sitovy graf.mpp". Tento soubor je však čitelný pouze v softwaru MS Project, ve kterém byl vytvořen.



Obrázek 7: Detailnější náhled na část naplánování revize (C-check) pomocí síťového grafu

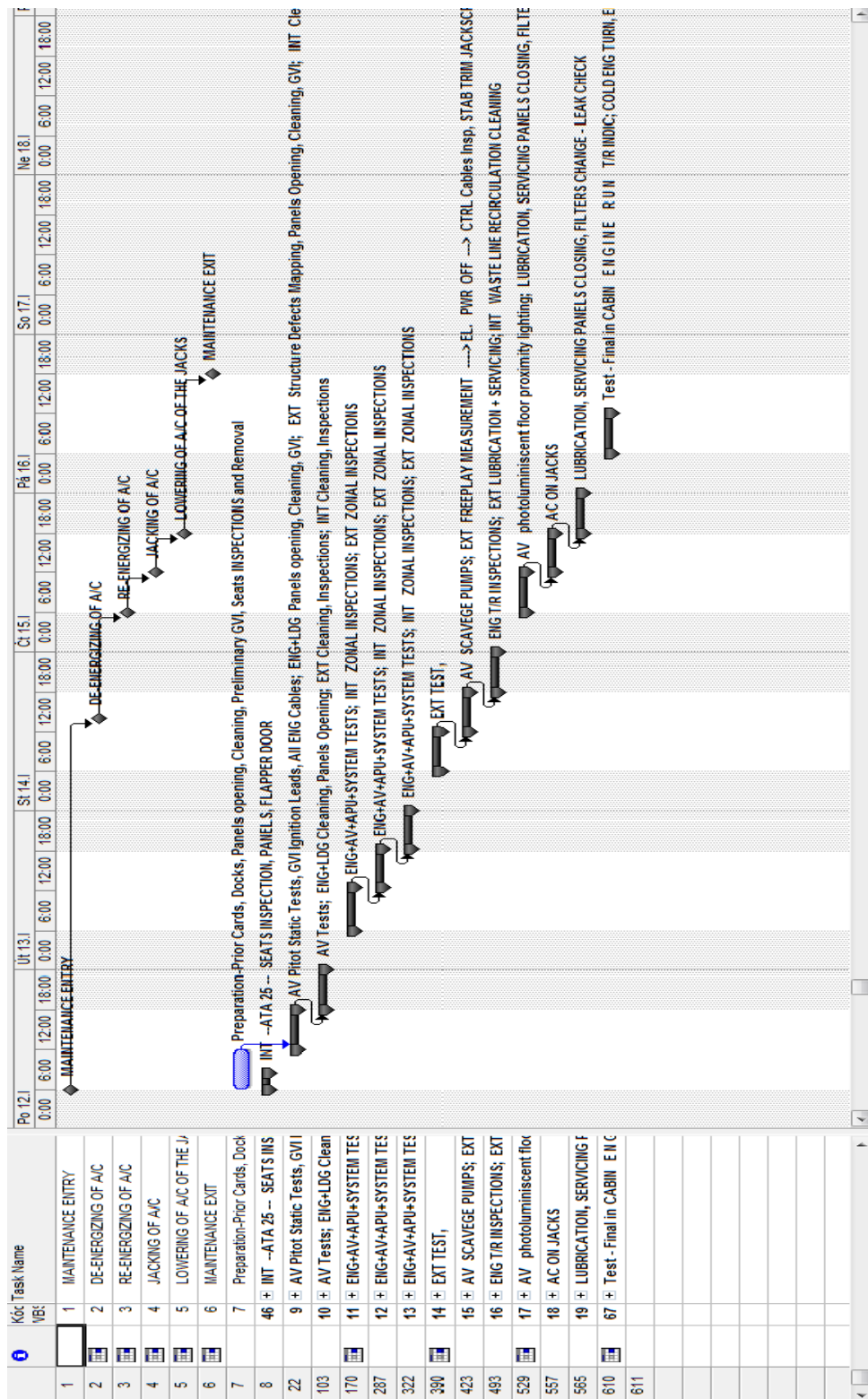


Obrázek 8: Náhled na kompletní plán revize (C-check) ve formě síťového grafu

V tomto síťovém grafu nejsou zohledněny kapacity zdrojů a to materiálových i lidských, proto výsledná minimální doba revize je pouze v ideálním případě, kdy je pro revizi k dispozici teoreticky neomezené množství pracovní síly a všichni tito mechanici mohou pracovat na letounu ve stejnou chvíli. Tyto podmínky však nejsou v praxi dosažitelné a proto tato metoda a v tomto tvaru není příliš vhodná pro plánování využití lidských zdrojů pro servisní práce na letounu. Síťový graf však může hodně pomoci plánovači při plánování údržby jinou metodou a to názorným zobrazením vzájemných logických vazeb jednotlivých činností.

Metoda plánování, která je z hlediska využití lidských zdrojů v našem případě lépe použitelná je sestavení jednotlivých činností do Ganttova diagramu (podrobněji popsán v kapitole "2.3: Software použitý pro zpracování síťové analýzy") a to opět pomocí programu MS Project. Tímto způsobem je možno revizi naplánovat konkrétně na úroveň jednotlivých pracovních směn, které během své pracovní doby budou mít přiřazenu konkrétní práci, kterou je nutno za směnu vykonat.

Analýza Ganttova diagramu, který rozčleňuje jednotlivé činnosti do pracovních směn a přiřazuje k ní reálnou pracovní sílu ukazuje, že je možno naplánovat revizi rozsahu C-check do necelých 5 pracovních dní. Tato doba se příliš neliší od délky trvání revize v praxi plánované plánovacím oddělením Opravárenského střediska. Tento fakt by mohl poukazovat na skutečnost, že časté nedodržování smluvených termínů konce revize není zapříčiněno špatným plánováním revize.



Obrázek 9: Rozplánování revize do jednotlivých směn pomocí Ganttova diagramu

7 Návrhy na zlepšení organizace plánování

V každé organizaci, ať už spadá do jakéhokoliv odvětví, se vždy dá něco zlepšovat a celý systém optimalizovat. Některé společnosti to potřebují více, jiné méně, ale nikdy se nedá s klidným svědomím říct, že v dané společnosti už se nedá nic vylepšit. Dobře fungující společnosti, ve kterých systém fungování dobře zaběhnutý a společnost prosperuje se dále rozvíjejí, čím opět vytvářejí možnosti pro další optimalizaci firemního systému. V této práci prezentované Opravárenské středisko v tomto směru není žádnou výjimkou a jako relativně mladá firma má ve svém fungování co zlepšovat. Tato kapitola se bude snažit identifikovat slabá místa ve fungování společnosti a to hlavně z pohledu plánování údržby a souvisejících aspektů.

7.1 Včasné zajištění zakázky

Jedním z největších problémů, se kterým se potýká plánovací oddělení ve vytvořené fiktivní Opravárenské společnosti, a který znesnadňuje celé plánování revize a všech aspektů s tím spojených je fakt, že zakázka o provedení revize není se zákazníkem domluvena s dostatečným předstihem. Tento fakt komplikuje naplánování celého projektu a hlavně zajištění materiálu potřebného k včasnému dokončení všech úkolů. Dozví-li se totiž plánovací oddělení o revizi pouhý týden nebo dokonce jen pár dní před samotným příletem letounu, jaký bude rozsah prováděných prací a co všechno bude chtít zákazník na letounu provézt, tak není dostatečná doba na to, aby plánovací oddělení zjistilo, který materiál a součástky budou při provádění revize mechanici potřebovat ke splnění předepsaných úkonů. Ideální doba, kterou by mělo plánovací oddělení vědět o zakázce, aby se stihlo všechny práce náležitě naplánovat, připravit a objednat potřebný materiál, je alespoň dva až tři týdny před samotným příletem letounu na revizi.

7.2 Reputace společnosti na trhu

Možná důležitější než provedení úspěšné jednorázové revize je přesvědčit zákazníka, že je společnost schopná provádět kvalitní pravidelné revize na všech letounech zákaznickovy flotily, což společnosti přinese dlouhodobou partnerskou spolupráci a s tím spojené pracovní a finanční zajištění na dlouhou dobu dopředu.

Aby se detaily zakázky dostaly do plánovacího oddělení s dostatečným předstihem před příletem letounu je třeba vytvořit společnosti na trhu servisních organizací patřičnou reputaci, která by jí zajistila dlouhodobé kontrakty a významnými společnostmi a tím i stabilní přísun letounů (resp. práce) a financí za odvedenou práci. Vybudování dobrého jména na trhu je dlouhodobým cílem každé společnosti, však nevede k němu jednoduchá cesta. Aby se to však společnosti podařilo, je nutné dlouhodobě dodržovat několik zásad:

- Bezpečnost letecké dopravy musí být vždy na prvním místě
- Pokaždé odvádět kvalitní práci při servisování letounu
- Nastavit finanční požadavky za odvedenou práci na konkurenceschopnou úroveň
- Vždy vycházet zákazníkům vstříc
- Snažit se dodržovat smluvené termíny
- Vytvořit svým zaměstnancům kvalitní pracovní podmínky, které se budou promítat na kvalitě odvedené práce
- Pracovat na PR profilu společnosti

Dobrá reputace se vždy získává těžko, vždy jen kvalitně odváděnou prací a její získávání a udržování je běh na dlouhou trať. Získání té špatné reputace však může způsobit jedna nekvalitně provedená zakázka, nesplnění dohodnutého termínu nebo jiné nevyhovění požadavků klienta. Této špatné reputace se (zvláště v leteckém průmyslu, kde je trh relativně

malý) společnost špatně zbavuje a proto by měla vždy odvádět kvalitní práci, udržovat si dobré vztahy s klienty a vyvarovat se pochybením, která by mohla poškodit dobré jméno společnosti.

7.3 Implementace specializovaného plánovacího softwaru

Další z doporučení pro společnost Opravárenské středisko pro zlepšení stávajícího stavu plánování revizí je změna plánovacího softwaru. Nyní používaný systém Quantum byl spíše vyvinut jako skladový databázový software, pomocí něhož se ve firmě řídí skladové zásoby, poptávky a objednávky a evidují data z údržby letounu. Přes jeho relativní univerzálnost a široké využití v organizaci však není příliš vhodný pro plánování revizních prací z hlediska pracovních sil. Přímo pro plánování revizí bych spíše doporučil některý z programů vyvinutých přímo za účelem plánování složitějších procesů, ať už třeba mnou využívaný MS Project od firmy Microsoft, (jehož funkce, výhody a nevýhody už jsem v této práci popisoval a se kterým systém Quantum umí po dokoupení softwarového balíčku spolupracovat) nebo jiný specializovaných programů, kterých je jistě na trhu více. V dnešní době jsou plánovací programy natolik sofistikované, že umožňují vzájemnou spolupráci a komunikaci v reálném čase. Specializovaný plánovací software by zjednodušil, zpřehlednil a celkově zefektivnil celý proces plánování, což by jistě bylo pro organizaci žádoucí. Se zavedením nového softwaru do firmy vždy souvisí počáteční investice, nutné k implementování programu do systému, ať už je to nákup licencí samotného programu nebo zaškolení jeho budoucích uživatelů. Praxe však většinou ukázala, že podobné investice do zefektivnění fungování systému společnosti se vždy v budoucnu bohatě vrátí.

7.4 Změna systému objednávání materiálu

Aby se mohla společnost vyvarovat prodlevám při čekání na dodání materiálu, je potřeba změna systému jeho zajišťování. Z průzkumů prováděných výrobcem vyplývá, že téměř 80% všech závad se při revizi kategorie C-check opakuje a tím pádem je již dopředu znám materiál, který bude k zajištění těchto oprav zapotřebí. Stávající systém, kdy se materiál nenakupuje "na sklad", ale až přímo před samotnou revizí na konkrétní letoun a jen podle rozsahu revize funguje pouze tehdy, je-li plánovacímu oddělení a potažmo Logistické společnosti znám rozsah prováděné revize s dostatečným předstihem (tedy alespoň dva týdny před přiletem letounu). V takovémto případě se všechny materiál stihne objednat a celé revize může proběhnout bez větších problémů při dodržení časového harmonogramu. Komplikace se zásobováním však nastanou, objeví-li se při prohlídkách vážnější závada, k jejíž opravě je potřeba speciální náhradní díl, který se musí objednat, protože jej společnost nemá skladem. V této situaci se délka revize neúměrně prodlouží, protože se čeká na dodání potřebného dílu.

K předcházení problémům se zásobováním vedou několik způsobů:

1. Zavedení tzv. nakupování na sklad stávajícím Opravářským střediskem
2. Uzavření smlouvy s jedním nebo i více specializovanými dodavateli materiálu, kteří mají vlastní skladové prostory a tyto služby poskytují
3. Kombinace dvou výše uvedených, kdy je skladem pouze určité množství předem vytipovaného materiálu, který je při revizi potřebný nejčastěji

1) Nakupování na sklad z počátku vyžaduje relativně vysoké investice a to jak do zajištění skladovacích prostor, tak k nákupu potřebného materiálu, který však nebude okamžitě využitý při servisování letounu. Tento "mrtvý" materiál se může jevit jako zbytečná

investice, která nepřináší okamžitý zisk, ale v z dlouhodobého hlediska se jeho uskladnění určitě vyplatí, protože organizace nepřijde o zákazníky, kteří byli se zakázkou nespokojeni z důvodu jejího zpoždění kvůli chybějícímu materiálu. Na tento materiál se totiž nebude muset dlouhé dny čekat, ale může být operativně použitý jako již naskladněný. Sledování zásob potřebného nebo často nedostatkového materiálu navíc zvládá již zaběhnutý software Quantum.

2) V dnešní době je na trhu několik společností, které poskytují své skladovací prostory právě pro servisní pracoviště. Jejich služby fungují tak, že organizace si určí, který materiál by potřeboval mít skladem a vždy připravený k použití při servisu letounu. Tyto společnosti mají uzavřené smlouvy s dodavateli leteckých součástí a jiného materiálu využívaného při opravách a servisu letounů a tento materiál od nich díky vzájemné konkurenci dodavatelů nakupuje za nejnižší možnou cenu. Organizací požadovaný materiál dále naskladní ve svých skladech a opravárenské společnosti pravidelně účtuje poplatek za uskladnění požadovaného materiálu, kde účtovaný poplatek se odvíjí od ceny uskladněného materiálu. Jakmile údržbová organizace pro svou činnost konkrétní materiál potřebuje, tak kontaktuje právě smlouvenou společnost, která údržbové organizaci naskladněný materiál prodá a v nejkratším možném čase přiveze přímo na pracoviště. Využitím tohoto způsobu zajištění materiálu by odpadla potřeba zavedení a udržování vlastních skladovacích prostor a stále by byla zajištěna stálá dostupnost požadovaného materiálu. Jednou z takovýchto organizací poskytující výše popsané služby je například společnost AJ Walter Aviations (<http://www.ajw-aviation.com>), avšak na trhu jich je více a údržbové organizace si můžou zvolit pro jejich potřeby ty nejvíce vyhovující.

3) Kombinace výše uvedených řešení, kdy je určité množství materiálu drženo na skladě a zbylá část materiálu je možno objednat dodavatelem je také jedna z možností řešení problému zásobování a logistiky. V tomto případě záleží na opravárenské společnosti, kolik a jaký druh materiálu chce držet na svém skladě a jaký materiál dovážet. Z předešlých zkušeností se servisními pracemi na Boeingu 737NG by se daly jednotlivé dříve použité díly seřadit podle četnosti či pravděpodobnosti, s jako byly při revizi použity a také podle nákupní ceny. Dále by se musela opravárenská společnost rozhodnout, kolik finančních prostředků by

chtěla do nákupu materiálu "na sklad" investovat. Podle výše zmíněných kritérií by se nakoupilo pouze takové množství materiálu, u kterého by byla největší pravděpodobnost použití při nejbližších opravách a zároveň který by neblokoval příliš mnoho finančních prostředků v případě jeho nevyužití. Dalším z kritérií, které by mohlo rozhodovat o množství objednaného materiálu by byla velikost a přístupnost skladových prostor a nákladu spojenými s jejich využíváním (mzdy skladníků, vytápění apod.).

8 Zhodnocení cílů

V úvodu této práce byly vytyčeny cíle, kterých jsem se snažil dosáhnout a které měly tvořit základ celé práce. Základem řešení každé problematiky je její pochopení a seznámení se s jejími základními principy. To je také důvod, proč jsem značnou část této práce věnoval právě přiblížení obecné problematiky síťové analýzy a podrobněji analyzoval fungování opravárenské společnosti. Bylo nutné důkladně analyzovat celý proces plánování údržbových prací na letounu, aby bylo možné najít v systému slabá místa a navrhnout způsoby jejich zlepšení. V práci byl navržen síťový graf, který poukazuje na logické návaznosti a závislosti jednotlivých činností vykonávaných při revizi letounu Boeing 737NG v rozsahu C-check a v praxi by mohl sloužit pro usnadnění plánování těchto revizí. Po analýze systémů fungování zásobování a logistiky běžných opravárenské společnosti byly rovněž identifikovány slabá místa, která by mohla ohrozit včasné dokončení revize a navržení jejich zlepšení byla v této práci rovněž věnována jedna kapitola.

9 Závěr

V rámci této diplomové práce jsem z činností, které jsou nutné vykonat při revizi letounu Boeing 737NG v rozsahu C-check sestavil síťový graf, pomocí kterého by se dala celá revize snáze naplánovat a zorganizovat. Po jeho sestavení a snaze ho použít v praxi bylo zjištěno, že metoda síťového grafu není pro plánování revizí velkých dopravních letounů úplně vhodná, ale že jeho použití dokáže usnadnit plánování pomocí jiných metod. Pro plánování revizí bych doporučil metodu sestavení činností do Ganttova diagramu a to v pomoci softwaru MS Project, který je právě na podobné projekty určený.

Jeden z cílů této práce bylo také analyzovat systém plánování údržby ve fiktivním Opravárenském středisku a poukázat na důvody častého nedodržení plánovaných termínů dokončení revizí. Po porovnání mých výsledků teoretického plánování s reálnou naplánovanou dobou délky revizí připravenou Plánovacím oddělením, jejichž výsledné doby se příliš nelišili od mých teoretických, bylo zjištěno, že hlavním důvodem zpoždění dokončení revizí je zapříčiněno špatně fungujícím systémem zajišťování materiálu prováděno sesterskou Logistickou společností. Tento systém zajišťování materiálu a náhradních dílů je z dlouhodobého hlediska zcela nevhodný a pro úspěšné fungování Opravárenského střediska je třeba jej změnit. V opačném případě se toto Opravárenské středisko nemůže dlouhodobě rozvíjet, nebude konkurenceschopné a tím přinášet svým majitelům zisk. Návrhy na změnu tohoto systému jsou součástí této práce.

10 Použitá literatura a zdroje

- [1] PRŮŠA, J. a kolektiv: Svět letecké dopravy, Galileo GEE Service s.r.o., Praha, 2007, ISBN 978-80-239-9206-9
- [2] ŘEPA, Vladimír: *Podnikové procesy*, Grada Publishing a.s., 2007, ISBN 978-80-247-2252-8
- [3] LANDA, Martin: Ekonomické řízení podniku, Computer press, 2008, ISBN 978-80-251-1996-9
- [4] KLUSON, Václav: Kritická cesta a PERT v řídicí praxi, SNTL - Nakladatelství technické literatury, n.p., Praha, 1973
04-320-73
- [5] 737-300/400/500 MAINTENANCE PLANNING DATA, Boeing
- [6] 737-600/700/800/900 MAINTENANCE PLANNING DOCUMENT, Boeing
- [7] http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/rmp/data/teorie_oa/SITOVA%20ANALYZA.pdf
(22.11.2010)
- [8] <http://www.boeing.com/commercial/737family/specs.html>
(16.4.2011)
- [9] <http://www.techportal.cz/9/1/ridime-projekty-s-programem-ms-project-cid166701/>
(2.4.2011)

11 Seznam příloh na přiloženém datovém nosiči

C-check_sitovy_graf.mpp	<i>síťový graf ve formátu spustitelném programem MS Project 2007</i>
C-check_flowchart.mpp	<i>revize rozsahu C-check naplánovaná pomocí Ganttova diagramu ve formátu spustitelném programem MS Project 2007</i>